

## Perancangan Sistem Monitoring dan Kontroling Intensitas Cahaya pada Greenhouse Berbasis IoT dan Web Dashboard

Thariq Almajdi<sup>\*)</sup>, Arief Ika Uktoro, Suparman

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,  
INSTIPER Yogyakarta

<sup>\*)</sup>Email Korespondensi: [thorigalmajdi321@gmail.com](mailto:thorigalmajdi321@gmail.com)

### ABSTRAK

Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi fotosintesis dan pertumbuhan tanaman di dalam greenhouse. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan kontroling intensitas cahaya berbasis Internet of Things (IoT) yang diaplikasikan pada greenhouse guna mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor cahaya BH1750, dan motor DC yang dikendalikan melalui driver motor L298N. Data intensitas cahaya dikirim secara real-time melalui protokol MQTT dan divisualisasikan melalui web dashboard yang dikembangkan menggunakan HTML, Tailwind CSS, JavaScript, MQTT.js, dan ECharts.js. Selain itu, sistem juga terintegrasi dengan Google Spreadsheet untuk pencatatan otomatis data sensor. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan prototyping, mencakup tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan hardware dan software, integrasi sistem, pengujian fungsional dan persepsi pengguna. Pengujian konektivitas menunjukkan rata-rata waktu koneksi ESP32 ke dashboard sebesar 3,39 detik, serta rata-rata waktu respon kontrol motor DC dari dashboard sebesar 6,63–8,24 detik. Hasil uji persepsi pengguna menggunakan model Technology Acceptance Model (TAM) menunjukkan sistem mendapatkan penilaian positif dari aspek kegunaan, kemudahan penggunaan, sikap terhadap penggunaan, dan niat menggunakan. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa sistem yang dikembangkan berjalan secara efektif dan efisien serta memiliki potensi untuk diimplementasikan pada sistem pertanian modern berbasis IoT.

**Kata kunci:** Internet of Things, ESP32, BH1750, Greenhouse, Web Dashboard, MQTT, Otomatisasi

### PENDAHULUAN

Greenhouse berfungsi untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang ideal bagi tanaman, melindungi dari pengaruh cuaca ekstrem, serta mengoptimalkan faktor-faktor pertumbuhan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Namun demikian, permasalahan utama yang sering dihadapi adalah ketidakstabilan pencahayaan di dalam greenhouse akibat perubahan cuaca eksternal yang tidak menentu. Ketidaksesuaian intensitas cahaya ini dapat menghambat proses fotosintesis tanaman sehingga menurunkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. (Firmansyah dkk., 2025).

Intensitas cahaya yang tidak konsisten tidak hanya memengaruhi laju fotosintesis, tetapi juga bisa mempunyai dampak yang signifikan pada morfologi dan struktur tanaman. Tang dkk., (2022) menjelaskan bahwa perubahan intensitas cahaya dapat menyebabkan penambahan luas permukaan daun dan kandungan klorofil yang menurun, yang secara langsung berpengaruh terhadap efisiensi fotosintesis tanaman greenhouse dan potensi produk panen

Ketidakstabilan intensitas cahaya di dalam greenhouse menjadi tantangan besar karena sebagian besar sistem otomatis masih bekerja dengan pengaturan cahaya statis yang tidak menyesuaikan dengan kondisi cuaca yang cepat berubah. Hal ini menyebabkan cahaya yang kurang optimal dalam fase pertumbuhan tanaman, mengurangi efisiensi fotosintesis, meningkatkan konsumsi energi, dan pada akhirnya memengaruhi produktivitas panen (Kharraz dkk., 2025).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan solusi otomatisasi berbasis teknologi Internet of Things (IoT) yang dapat memantau dan mengatur intensitas cahaya secara real-time. Penerapan IoT di greenhouse terbukti efektif dalam mengontrol berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya, serta dapat mengurangi keterlibatan tenaga manusia secara langsung sehingga lebih hemat biaya dan waktu (Battikh dkk., 2023).

Dalam penerapan IoT untuk greenhouse, komponen utama yang berperan penting adalah mikrokontroler ESP32, sensor cahaya BH1750, dan Web Dashboard. ESP32 memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth serta kecepatan pemrosesan tinggi yang memungkinkan pengambilan dan pengolahan data sensor secara efisien (C, 2024). ESP32 menyediakan konektivitas Wi-Fi yang stabil untuk pengiriman data IoT secara real-time (Hidayati, 2024). Sensor BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya secara akurat, sedangkan Web Dashboard memudahkan petani untuk memantau dan mengatur kondisi greenhouse dari jarak jauh menggunakan perangkat mobile atau komputer (Arafat & Ibrahim, 2020). Sensor BH1750 terbukti memiliki akurasi tinggi (~99,86 %) dalam pengukuran intensitas cahaya (Yofanda dkk., 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan pengembangan sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor BH1750, serta Web Dashboard untuk menjaga kestabilan intensitas cahaya di greenhouse, guna meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman secara optimal.

## **METODE PENELITIAN**

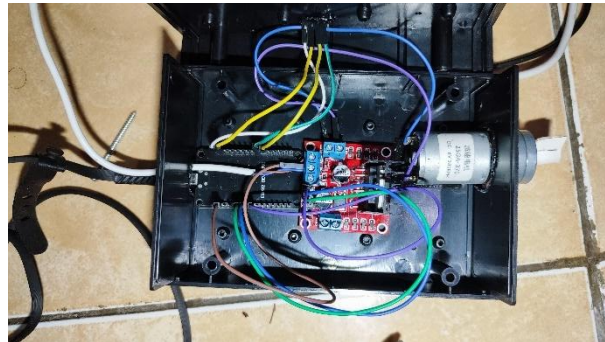
Perancangan sistem ini menggunakan metode pendekatan prototype, yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring dan kontrol intensitas cahaya berbasis IoT untuk greenhouse. Metode ini mencakup tahapan identifikasi kebutuhan sistem, perancangan *hardware* dan *software*, pembuatan prototipe, integrasi sistem, serta pengujian fungsionalitas dan persepsi pengguna. Penelitian dilaksanakan di Mecas, Kalurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai tempat perakitan alat dan pengembangan web dashboard, serta greenhouse kampus Instiper sebagai tempat pengujian alat. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Maret 2025 hingga Juni 2025.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian yaitu : Mikrokontroler ESP32, Sensor cahaya BH1750, Motor dc 6v 280 RPM, Driver L298N, Kabel jumper, Power supply, Kabel USB, Modem WIFI, Box proyek hitam, Laptop Lenovo Ideapad 3 14 GL05 Processor Intel(R) Celeron(R) N4020 CPU @ 1.10GHz 1.10 GHz Installed RAM 4,00 GB (3,65 GB usable), Visual Studio Code, Arduino IDE, Google Spreadsheet, Google Chrome

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

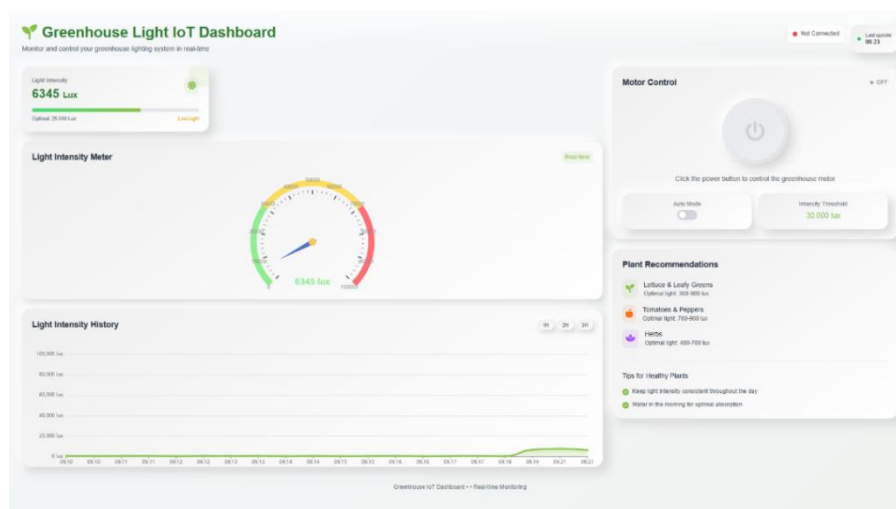
Sistem yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan otomasi dalam pengelolaan intensitas cahaya di greenhouse berbasis teknologi Internet of Things (IoT). Proses perancangan melibatkan integrasi mikrokontroler ESP32, sensor BH1750, dan motor DC yang dikendalikan melalui driver motor L298N, dengan dukungan

dashboard berbasis web sebagai antarmuka pemantauan dan pengontrolan sistem. Sensor BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya secara real-time dan hasil pembacaannya dikirim ke ESP32 menggunakan protokol I2C. Data dari sensor selanjutnya dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke broker MQTT dan divisualisasikan melalui dashboard yang dibangun menggunakan HTML, Tailwind CSS, JavaScript, MQTT.js, dan ECharts.js. Selain itu, data juga dicatat otomatis pada Google Spreadsheet untuk kebutuhan dokumentasi data secara daring.



Gambar 1 Rangkaian ESP32, Sensor BH1750, Driver motor L298N, dan Motor DC

Sistem IoT yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan beberapa komponen. Mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor cahaya BH1750 sebagai input untuk mengukur intensitas cahaya, motor DC sebagai aktuator penggerak shading net, serta driver motor L298N yang berfungsi mengatur arah dan kecepatan motor. Sensor BH1750 mendeteksi intensitas cahaya di dalam greenhouse dan mengirimkan data ke ESP32 melalui komunikasi I2C. Selanjutnya, ESP32 memproses data tersebut dan menentukan apakah shading net perlu dibuka atau ditutup secara otomatis berdasarkan ambang batas intensitas cahaya yang telah ditentukan. Ketika nilai cahaya melebihi atau berada di bawah batas tersebut, ESP32 akan memberikan sinyal ke driver motor untuk menggerakkan motor DC. Sistem ini berjalan secara real-time dan mampu merespons perubahan kondisi pencahayaan lingkungan dengan cepat, sehingga mendukung kestabilan intensitas cahaya di dalam greenhouse secara otomatis tanpa perlu intervensi langsung dari pengguna.



Gambar 2 Tampilan Web Dashboard

Dashboard ini menampilkan beberapa elemen seperti indikator intensitas cahaya dalam bentuk gauge meter, grafik histori intensitas cahaya menggunakan ECharts.js, tombol manual kontrol motor DC, serta tombol auto mode untuk pengaturan otomatis.

Tabel 1 Pengujian Kecepatan Koneksi ESP32 dengan Web

<b>Pengujian</b>	<b>Waktu (detik)</b>
1	4
2	3
3	3,3
4	3,4
5	3,3
6	3,2
7	3,1
8	3
9	4,7
10	2,9
<b>Rata rata</b>	<b>3,39</b>

Tabel 2 Hasil Pengujian Kecepatan Perintah Kontrol Motor dari Web Dashboard ke Motor DC Manual Mode

<b>Pengujian mode manual</b>	<b>Latency time on (detik)</b>	<b>Latency time off (detik)</b>
1	14.66	4.13
2	5.83	13.37
3	7.19	2.20
4	11.96	15.52
5	3.14	15.73
6	11.49	2.53
7	10.52	2.1
8	1.34	1.88
9	3.85	7.19
10	5.50	4.38
<b>Rata rata</b>	<b>8</b>	<b>7</b>

Tabel 3 Hasil Pengujian Kecepatan Perintah Kontrol dari Web Dashboard ke Motor DC mode otomatis

<b>Pengujian mode auto</b>	<b>Latency motor berputar ke kanan (detik)</b>	<b>Latency motor berputar ke kiri (detik)</b>
1	3.72	10.60
2	5.79	11.76
3	7.93	9.83
4	5.22	4.26
5	6.77	11.07
6	5.35	5.26
7	4.76	6.29
8	9.65	12.96
9	6.04	5.35
10	11.12	5.05
<b>rata rata</b>	<b>6,63</b>	<b>8,24</b>

Berdasarkan hasil pengujian konektivitas antara ESP32 dan web dashboard, diperoleh waktu koneksi rata-rata sebesar 3,39 detik, menunjukkan bahwa sistem mampu terkoneksi dengan cukup cepat dan stabil. Pengujian kontrol aktuator juga menunjukkan bahwa waktu tunda perintah dari dashboard ke motor DC berkisar antara 6,63 detik (mode otomatis) hingga 8 detik (mode manual), dengan variasi tergantung kondisi sinyal Wi-Fi dan beban sistem. Meskipun terdapat delay, nilai tersebut masih dalam batas toleransi dan cukup memadai untuk pengaturan intensitas cahaya yang tidak menuntut respons instan. Pengujian di greenhouse juga menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya secara akurat, serta sistem mampu menggerakkan shading net secara otomatis berdasarkan ambang batas intensitas yang telah ditentukan.

Uji validitas dilakukan untuk menilai sejauh mana setiap butir pertanyaan dalam kuesioner dapat secara akurat mengukur variabel yang dituju. Pada penelitian ini, validitas diuji dengan membandingkan nilai *r hitung* dengan *r tabel* sebesar 0,361. Item pertanyaan dinyatakan valid apabila nilai *r hitung* melebihi *r tabel*.

Tabel 4 Persepsi Kegunaan (PU)

NO	Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
1	PU1	0.720	0.361	Valid
2	PU2	0.679	0.361	Valid
3	PU3	0.601	0.361	Valid
4	PU4	0.796	0.361	Valid
5	PU5	0.602	0.361	Valid

Tabel 5 Persepsi Kemudahan Penggunaan (PEOU)

NO	Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
1	PEOU 1	0.818	0.361	Valid
2	PEOU 2	0.820	0.361	Valid
3	PEOU 3	0.716	0.361	Valid
4	PEOU 4	0.525	0.361	Valid
5	PEOU 5	0.910	0.361	Valid

Tabel 6 Attitude Toward Using (ATU)

NO	Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
1	ATU 1	0.452	0.361	Valid
2	ATU 2	0.582	0.361	Valid
3	ATU 3	0.773	0.361	Valid
4	ATU 4	0.553	0.361	Valid
5	ATU 5	0.652	0.361	Valid

Tabel 7 Behavioral Intention to Use (BITU)

No	Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
1	BITU 1	0.431	0.361	Valid
2	BITU 2	0.502	0.361	Valid
3	BITU 3	0.674	0.361	Valid
4	BITU 4	0.514	0.361	Valid
5	BITU 5	0.775	0.361	Valid

Berdasarkan hasil uji validitas yang telah dilakukan, seluruh item pertanyaan dari empat variabel utama, yaitu Persepsi Kegunaan (PU), Persepsi Kemudahan Penggunaan (PEOU), Sikap terhadap Penggunaan (ATU), dan Niat Perilaku untuk Menggunakan (BITU), menunjukkan hasil yang memuaskan. Semua nilai *r hitung* pada masing-masing butir pertanyaan berada di atas nilai *r tabel* yang ditetapkan, sehingga setiap item dalam kuesioner dinyatakan valid secara statistik dan mampu menggambarkan konstruk teoritis yang diukur.

Secara lebih spesifik, kelima butir pertanyaan dalam masing-masing variabel PU, PEOU, ATU, dan BITU dinyatakan valid tanpa ada satu pun yang perlu dihapus. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen penelitian telah memenuhi standar kelayakan, sehingga dapat digunakan untuk proses analisis data selanjutnya dengan tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap kualitas pengukuran yang dilakukan.

Selain harus valid, suatu instrumen juga perlu memiliki reliabilitas, yang berarti instrumen tersebut mampu memberikan hasil yang konsisten dalam mengukur suatu variabel. Pengujian reliabilitas dilakukan dengan menghitung nilai Cronbach's Alpha, di mana nilai di atas 0,7 menunjukkan bahwa instrumen tersebut tergolong reliabel.

Tabel 8 Uji Realibilitas

<b>Reliability Statistics</b>	
Cronbach's Alpha	N of Items
.873	20

Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha yang diperoleh adalah sebesar 0,873 untuk total 20 item pertanyaan. Nilai ini mengindikasikan bahwa instrumen yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi. Artinya, instrumen tersebut konsisten dan layak digunakan untuk mengukur persepsi pengguna terhadap sistem yang telah dikembangkan.

Untuk mengetahui sejauh mana sistem yang dikembangkan dapat diterima oleh pengguna, dilakukan pengujian menggunakan pendekatan Technology Acceptance Model (TAM). Model TAM menyertakan faktor kepercayaan dan pengaruh sosial yang relevan untuk adopsi dalam perancangan sensor-dashboard (Tsourela & Nerantzaki, 2020). TAM terbukti efektif mengukur penerimaan pengguna terhadap sistem smart lighting berbasis IoT (Laksana dkk., 2022). Pengujian yang dilakukan yaitu menggunakan uji statistik deskriptif

Tabel 9 Uji Statistik Deskriptif Persepsi Kegunaan (Perceived Usefulness)

<b>Descriptive Statistics</b>					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X1.1	30	3	5	4.10	.403
X1.2	30	2	5	3.83	.592
X1.3	30	2	5	4.13	.571
X1.4	30	2	5	3.90	.885
X1.5	30	2	5	3.77	.626
Valid N (listwise)	30				

Pada variabel Persepsi Kegunaan (Perceived Usefulness), nilai rata-rata (mean) dari setiap indikator menunjukkan skor di atas 3.5, yang berarti responden cenderung setuju bahwa sistem monitoring dan kontrol intensitas cahaya berbasis IoT ini berguna dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan greenhouse. Skor rata-rata tertinggi ada pada indikator

X1.3 (4.13), yang menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna merasa sistem ini sangat membantu tugas mereka. Sementara skor terendah ada pada X1.5 (3.77), meskipun demikian skor ini masih tergolong baik. Standar deviasi tertinggi terdapat pada indikator X1.4 (0.885), menunjukkan adanya variasi jawaban yang cukup besar dari para responden, sedangkan X1.1 memiliki deviasi terkecil (0.403), mengindikasikan persepsi responden yang cukup seragam terhadap item tersebut.

Tabel 10 Uji Statistik Deskriptif Persepsi Kemudahan Penggunaan (Perceived Ease of Use)

<b>Descriptive Statistics</b>					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X2.1	30	2	5	3.33	1.061
X2.2	30	2	5	3.23	.971
X2.3	30	2	5	4.13	.730
X2.4	30	3	5	4.20	.484
X2.5	30	2	5	3.40	1.070
Valid N (listwise)	30				

Pada variabel Persepsi Kemudahan Penggunaan, nilai rata-rata bervariasi antara 3.23 hingga 4.20. Indikator X2.4 mencatat skor tertinggi (4.20) dengan deviasi standar terkecil (0.484), mengindikasikan persepsi positif dan konsistensi jawaban responden bahwa sistem mudah digunakan. Sebaliknya, skor terendah ada pada X2.2 (3.23), yang menunjukkan ada sebagian responden yang merasa masih terdapat kesulitan dalam aspek tertentu dari sistem ini. Standar deviasi cukup tinggi pada X2.1 dan X2.5 (>1), yang menandakan adanya keragaman persepsi responden dalam memahami kemudahan penggunaan fitur tertentu.

Tabel 11 Uji Statistik Deskriptif Sikap pengguna terhadap penggunaan teknologi. (Attitude Toward Using)

<b>Descriptive Statistics</b>					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X3.1	30	2	5	3.83	.648
X3.2	30	3	5	3.53	.571
X3.3	30	3	5	4.13	.507
X3.4	30	3	5	3.67	.661
X3.5	30	3	5	4.17	.531
Valid N (listwise)	30				

Variabel Sikap terhadap Penggunaan menunjukkan rata-rata yang baik di semua indikator (>3.5). Indikator X3.5 (mean 4.17) dan X3.3 (mean 4.13) memiliki skor tertinggi, menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki sikap positif terhadap penggunaan sistem. Indikator dengan mean terendah adalah X3.2 (3.53), namun nilainya masih dalam kategori cukup baik. Standar deviasi yang rendah (sekitar 0.5-0.6) menunjukkan persepsi yang relatif homogen di antara para responden.

Tabel 12 Uji Statistik Deskriptif Niat pengguna untuk menggunakan teknologi di masa depan  
(Behavioral Intention to Use)

<b>Descriptive Statistics</b>					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
X4.1	30	3	5	4.07	.583
X4.2	30	2	5	3.63	.765
X4.3	30	1	5	3.80	.761
X4.4	30	2	5	4.27	.785
X4.5	30	2	5	3.80	.805
Valid N (listwise)	30				

Secara keseluruhan, hasil deskriptif menunjukkan bahwa responden memiliki niat yang cukup kuat untuk menggunakan sistem monitoring dan kontrol intensitas cahaya berbasis IoT ini secara terus-menerus di masa depan. Seluruh indikator menunjukkan nilai rata-rata di atas 3.50, bahkan dua di antaranya (X4.1 dan X4.4) memiliki rata-rata di atas 4.00. Hal ini menegaskan bahwa mayoritas responden merasa yakin terhadap manfaat sistem ini dalam mendukung aktivitas greenhouse mereka, baik dari sisi efisiensi pengaturan cahaya maupun kemudahan pengoperasian.

Standar deviasi yang muncul pada setiap indikator masih dalam batas wajar, menunjukkan bahwa meskipun ada sedikit perbedaan pandangan di antara responden, secara umum persepsi mereka cukup homogen. Tidak ditemukan deviasi ekstrim yang menandakan ketidaksesuaian data atau adanya keraguan besar terhadap sistem yang diuji.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Sistem monitoring dan kontrol intensitas cahaya berbasis IoT berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai proses dan pusat kendali, sensor BH1750 sebagai input dan pengukur intensitas cahaya, serta motor DC dan driver L298N sebagai aktuator untuk membuka dan menutup shading net secara otomatis. Sistem ini mampu bekerja secara real-time dan responsif dalam menyesuaikan pencahayaan di greenhouse berdasarkan nilai lux yang terdeteksi.
2. Web Dashboard yang dikembangkan dengan menggunakan HTML, Tailwind CSS, JavaScript, MQTT.js, dan ECharts.js dapat diakses menggunakan laptop/pc, berhasil menampilkan data intensitas cahaya secara langsung, menyediakan fitur kontrol manual dan otomatis, serta menampilkan grafik fluktuasi cahaya harian. Dashboard juga dilengkapi indikator status koneksi dan berhasil terintegrasi dengan sistem IoT melalui protokol MQTT.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata waktu koneksi ESP32 ke Web Dashboard adalah 3,39 detik, yang menandakan sistem memiliki kecepatan koneksi yang cukup stabil dan cepat untuk kebutuhan monitoring intensitas cahaya secara real-time. Selain itu, pengujian latency terhadap respon kontrol motor DC dari web dashboard menunjukkan hasil yang cukup baik, yakni rata-rata waktu respon 8 detik (mode manual) dan 6,63 detik untuk motor ON serta 8,24 detik untuk motor OFF pada mode otomatis.

4. Pengujian persepsi pengguna menggunakan pendekatan Technology Acceptance Model (TAM) menunjukkan bahwa sistem memperoleh respon yang positif pada aspek persepsi kegunaan (PU), kemudahan penggunaan (PEOU), sikap terhadap penggunaan (ATU), serta niat untuk menggunakan (BITU), dengan rata-rata skor setiap indikator berada di atas 3,5 dari skala 5. Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem yang dirancang tidak hanya berfungsi dengan baik secara teknis, tetapi juga mendapat penerimaan yang baik dari para pengguna.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, A., & Ibrahim, I. (2020). SISTEM ALAT MONITORING UNTUK PENGENDALI SUHU DAN KELEMBABAN GREENHOUSE BERBASIS INTERNET OF THINGS. *INFO-TEKNIK*. <https://doi.org/10.31602/TJI.V11I4.3642>
- Battikh, A., Zaid, R., Tayeh, A., Kittana, A., Jallad, J., Alsadi, S., Foqha, T., Alahdal, D., & Kanan, M. (2023). Greenhouse Automation using ESP32: A Comprehensive Study on Monitoring and Controlling Environmental Parameters for Optimal Plant Growth. *2023 2nd International Engineering Conference on Electrical, Energy, and Artificial Intelligence (EICEEI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EICEEI60672.2023.10590110>
- C, P. V. (2024). Monitoring and Controlling of Greenhouse. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.60709>
- Firmansyah, N. M. A., Anwar, F. K., Alamsyah, A., & Puspitasari, A. J. (2025). Precision farming for coffee: Real-Time monitoring and control systems. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2945/1/012035>
- Hidayati, R. (2024). SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN ESP32 DAN TEKNOLOGI IOT. *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v5i2.4619>
- Kharraz, N., Revoly, A., & Szabó, I. (2025). IoT-Based Adaptive Lighting Framework for Optimizing Energy Efficiency and Crop Yield in Indoor Farming. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/jsan14030059>
- Laksana, T., Suwastika, N. A., & Makky, M. A. (2022). Technology Acceptance Model (TAM) For Smart Lighting System in XYZ Company. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v11i2.3784>
- Tang, W., Guo, H., Baskin, C. C., Xiong, W., Yang, C., Li, Z., Song, H., Wang, T., Yin, J., Wu, X., Miao, F., Zhong, S., Tao, Q., Zhao, Y., & Sun, J. (2022). Effect of Light Intensity on Morphology, Photosynthesis and Carbon Metabolism of Alfalfa (*Medicago sativa*) Seedlings. *Plants*, 11(13), 1688. <https://doi.org/10.3390/plants11131688>
- Tsourela, M., & Nerantzaki, D.-M. (2020). An Internet of Things (IoT) Acceptance Model. Assessing Consumer's Behavior toward IoT Products and Applications. *Future Internet*, 12(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/fi12110191>
- Yofanda, R. T., Budisusila, E. N., & Hapsari, J. P. (2025). Sistem Pengendalian Parameter Ruang Otomatis Berbasis Internet of Things dengan Sensor BH1750. *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.18196/mt.v6i2.26124>